

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-150176

⑮ Int.Cl.⁴

B 25 J 5/00
B 62 D 57/02

識別記号

庁内整理番号

7502-3F
E-2123-3D

⑬ 公開 昭和63年(1988)6月22日

審査請求 有 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 動的歩行ロボットの歩行制御方法

⑰ 特 願 昭61-298306

⑱ 出 願 昭61(1986)12月15日

⑲ 発 明 者 梶 田 秀 司 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地 工業技術院機械技術研究所内

⑳ 出 願 人 工 業 技 術 院 長 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

㉑ 指定代理人 工業技術院機械技術研究所長

明 細 書

1. 発明の名称

動的歩行ロボットの歩行制御方法

2. 特許請求の範囲

1. 上体部と、ロボット全体が倒立振り子とみなし得る程度に上体部に対する重量を軽く形成した歩行動作のための脚と、上記上体部の重心の高さを制御する手段と、脚とその先端の接地脚部相互間にトルクを発生するアクチュエータとを備えたロボットの歩行を制御するに際し、接地脚部の角度等を検出して、上記上体部の重心の高さを所要の直線に沿うように制御すると共に、接地側の脚における足首回りのトルクによって上記ロボットの歩行方向の運動を制御することを特徴とする動的歩行ロボットの歩行制御方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、歩行中にロボットの重心が足部の外

に外れる歩行(動的歩行)をする動的ロボットの歩行制御方法に関するものであり、さらに詳しくは、階段等の傾斜面や凹凸面での移動を必要とする動的歩行ロボットに好適な歩行制御方法に関するものである。

〔従来の技術〕

動的歩行できるロボットは、重心が常に歩行中の足部の接地範囲内にあるロボットに比べて、階段等の傾斜面や凹凸面を高速で移動できる利点を有している。

このような動的歩行ロボットにおける歩行制御は、通常、歩行のパターンに応じて一步毎の関節角軌道を時間の関数として予め詳細に設定しておく必要があるので、傾斜角度が変る毎に別の計算式を必要にするなど、制御が複雑になるという問題がある。

〔発明が解決しようとする問題点〕

本発明は、ロボットの脚の重量を上体部に比べ

て十分に軽くした歩行ロボットにおいて、上体部の重心が所要の直線上を動くように足首トルク以外の関節トルクを用いて制御するようにした場合に、ロボットの重心の水平方向の運動が非常に簡単な方程式で表現されることを利用し、ロボットの歩行方向の運動制御を、接地側の脚における足首回りのトルクを用いて極めて簡単に行うことを、その目的とするものである。

【問題点を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の制御方法は上体部と、ロボット全体が倒立振子とみなし得る程度に上体部に対する重量を軽く形成した歩行動作のための脚と、上記上体部の重心の高さを制御する手段と、脚とその先端の接地脚部相互間にトルクを発生するアクチュエータとを備えたロボットの歩行を制御するに際し、接地脚部の角度、上体部の姿勢等を検出して、上記上体部の重心の高さを所要の直線に沿うように制御すると共に、接

3

第1図に示すように倒立振子と考えることができる。

この倒立振子を、脚の伸縮力 F_r によって、振子の重心が、

$$y = k \cdot x + y_0$$

の直線上にあるように拘束すると、この場合の質量 m の X 軸方向の運動式は、

$$\ddot{x} = (g/y_0) \cdot x + (1/m y_0) \cdot u \quad \cdots (1)$$

として表すことができる。ただし、 g は重力の加速度、 u は脚の足首回りのトルクを示す。

この場合、足首トルクにより式の値が変わるが、そのトルクが0になるような理想的なモデル、即ち、

$$\ddot{x}^* = (g/y_0) \cdot x^* \quad \cdots (2)$$

を考え、それを基準として、結果が常にそれと一致するように足首トルクを制御することを考えると、倒立振子の重心を(2)式の運動に追従させるためには、上記足首回りのトルク u は、次の(3)

地側の脚における足首回りのトルクによって上記ロボットの歩行方向の運動を制御することの特徴とするものである。

【作用】

上記ロボットは、上体部に比べて脚をごく軽量にしたために、脚の接地側を中心とする質量 m を有する倒立振子と考えることができる。

従って、歩行面と平行な直線等に沿って移動するロボット上体部の重心の運動を、近似的に接地側の脚の足首回りのトルクをパラメータとする式によって表すことができ、そのため簡便なロボット歩行制御を上記トルクに基づいて簡単に行うことができる。

【実施例】

本発明の実施例の説明に先立ち、第1図によってその原理を説明する。

動的ロボットにおいて、上体部の質量に対して脚の質量がごく軽い場合には、歩行ロボットを、

4

式のようにして求めることができる。

$$u = f_1 \cdot (x - x^*) + f_2 \cdot (\dot{x} - \dot{x}^*) \quad \cdots (3)$$

なお、*付きの記号は理想的なモデルにおける値を示すものであり、 f_1, f_2 は(1)式と(2)式の間の差のシステムを安定化するように決定される定数である。

そして、斜面や階段等を歩行する場合は、その斜度に応じて直線の傾き k を変えればよいが、 k の値の如何に拘らず、進行方向に関しては(1)式が成立する。

次に、第2図及び第3図に示す歩行ロボットによって、本発明の歩行制御方法を説明する。

同図に示すロボットは、

- (1) 脚が上体部を上下できるような構成を有すること、
- (2) 脚が上体部に比べてごく軽量であること、
- (3) 足首部分にピッチ軸回りのトルクを加えるこ

5

6

とができる機構を有していること、

(4) 適宜手段によって歩行中に左右方向の安定が保たれ、横方向の揺れがないか、あるいはごく僅かであること、

という条件を満たすように構成されたものである。

このロボットは、上体部1、伸縮可能な脚部アクチュエータ3を有する脚2、脚2の下端に回転可能に取付けた接地脚部4を備え、上体部1と脚2とは腰部アクチュエータ5により、また脚2と接地脚部4とは足首アクチュエータ6によってそれぞれ回転駆動するように構成している。また、足首アクチュエータ6は、その発生するトルクを制御できるようになっている。

上記ロボットは、足首の回転中心をX-Y座標系の原点とした場合、歩行中どちらか一方の脚で立っている期間において、上体部1が回転することなく、その重心Gが常に直線 $y = k \cdot x + y_0$

7

似的に上記(1)式で表すことができる。

(1)式から明らかなように、重心GのX軸方向の運動式が非常に簡単になるため、容易に歩行の制御ができるようになり、ある範囲内で歩行速度を制御することが可能である。

この場合、斜面や階段等を歩行する場合は、その傾斜度に応じて直線の傾き k を変えればよいが、 k の値に拘らず、ロボット1の進行方向に関しては、(1)式の運動が保証される。

上記ロボットは、各種形態のものをを用いることができ、第5図A、Bに例示するように、例えば、そのロボットにおける脚11を、各上下の脚部11a、11bにより形成して、それらを脚部アクチュエータ12で連結することにより、重心の高さを調節可能にしてもよい。

〔発明の効果〕

本発明の歩行制御方法によれば、上体部の重心を歩行方向に向けた任意直線に沿って移動させる

9

上に位置するように立脚を制御する。具体的には、上体部1の重心Gが常に腰部アクチュエータ5の真上にくるように(上体部1が垂直になるように)腰部アクチュエータ5を回転させるとともに、脚2と垂直軸のなす角 θ_1 を計測し、下記の式(4)により望ましい脚長 r を計算して、これに一致するように脚部アクチュエータ3で脚2を伸縮させる。ただし、 a は上体部1の重心Gと腰部アクチュエータ5間の距離を示す。

$$r = (y_0 - a) / (\cos \theta_1 - k \cdot \sin \theta_1) \quad \cdots (4)$$

第4図は、上記制御方式のブロック図を示すもので、歩行ロボット1における脚の傾き角 θ_1 及び傾き k によって、脚長 r 及び腰部関節角 θ_2 を計算して、その値が歩行ロボットの制御装置に入力されると共に、足首回りのトルク u によって脚の傾き角 θ_1 が制御される。

この場合、重心のX軸方向の運動は、脚2の重量が上体部1の重量に比べてごく軽いために、近

8

動的ロボットの運動を、足首回りのトルクを用いた簡単な式の演算にによって制御することができ、しかも、傾斜面や階段等の歩行において傾き角が変化しても、上記制御がその影響を受けないので、歩行制御を極めて容易に行うことができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の作動原理の説明図、第2図及び第3図は本発明で制御するロボットの一例を示す斜視図及び側面図、第4図は本発明の制御方法のブロック図、第5図A、Bは他の構成のロボットを示す側面図である。

- 1・・・上体部、
- 2, 11・・・脚、
- 3, 5, 6・・・アクチュエータ、
- 4・・・接地脚部。

指定代理人

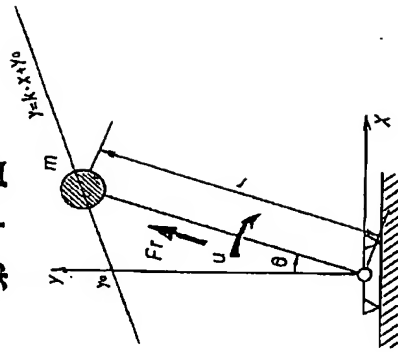
工業技術院機械技術研究所長

清水嘉重

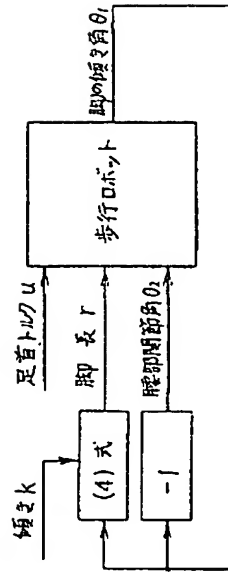


10

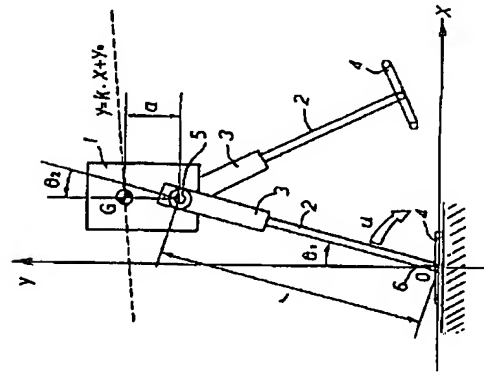
第 1 図



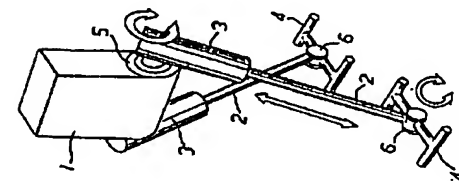
第 4 図



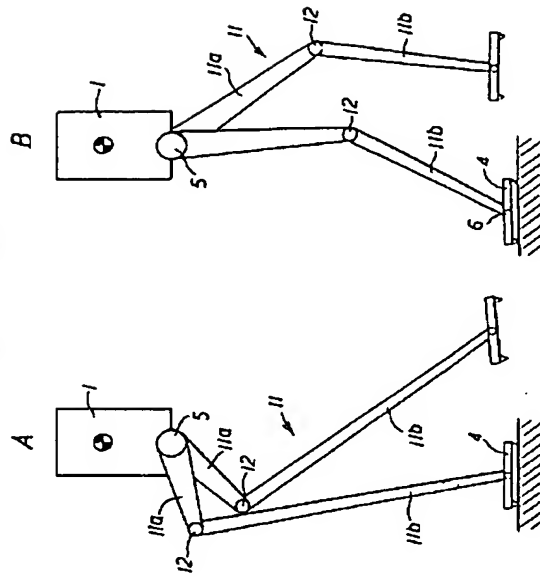
第 3 図



第 2 図



第 5 図



手続補正書(方式)

補正の内容

昭和62年 3月 9日

(1) 明細書の第10頁第11行に記載の「第4図A、B」を「第5図A、B」と補正する。

特許庁長官 黒田 明 雄 殿



1. 事件の表示

昭和61年特許願第 298306 号

2. 発明の名称

動的歩行ロボットの歩行制御方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 東京都千代田区横が関1丁目3番1号

(114)名 称 工業技術院長 飯 塚 幸 三

4. 指定代理人 〒305

住 所 茨城県新治郡桜村並木1丁目2番地

(0030)名 称 工業技術院機械技術研究所長

清水 嘉 重

電話 0298-54-2547・2548(特許係)



5. 補正命令の日付(発送日)

昭和62年 2月24日

6. 補正の対象

明細書の図面の簡単な説明の欄

7. 補正の内容

別紙の通り

指定代理人

工業技術院機械技術研究所長

清水 嘉 重



方式
審査

